

10 / 524803

16 FEB 2005

PCT/JP03/15605
05.12.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

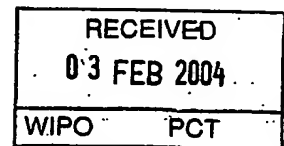
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年12月 1日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-401269
[ST. 10/C]: [JP2003-401269]

出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

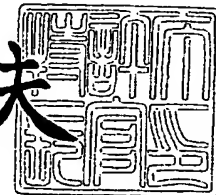


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 1月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2003-3112259

【書類名】 特許願
【整理番号】 7047950020
【提出日】 平成15年12月 1日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04B 1/19
H04B 7/08
H04B 7/26

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 岸上 高明

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 中川 洋一

【特許出願人】
【識別番号】 000005821
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100097445
【弁理士】
【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】
【識別番号】 100103355
【弁理士】
【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】
【識別番号】 100109667
【弁理士】
【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2002-354103
【出願日】 平成14年12月 5日

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 011305
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9809938

【書類名】特許請求の範囲

【請求項1】

空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、
空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局と、
通信エリア内の空間多重伝送に割当てられた空間多重対応移動局へ空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行う部分空間直交化手段と、通信エリア内の空間多元接続に割当てられた空間多元接続移動局に対する送信データ系列や、前記部分空間直交化手段の出力に対し、前記空間多重対応移動局や前記空間多元接続移動局への送信ビームが、同時に接続する他の移動局への干渉を低減する前記送信ビームを形成するビーム形成部と、前記送信ビームを送信する複数のアンテナとを備える基地局装置とを有する無線通信システム。

【請求項2】

前記基地局装置の前記ビーム形成部が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成は、割当てられた空間多元接続移動局に対する前記送信データ系列や、前記部分空間直交化手段の出力から、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に直交するように前記送信ビームを形成することを特徴とする請求項1に記載の無線通信システム。

【請求項3】

基地局装置が、空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局に対するチャネル推定行列及び受信品質を基に、空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を算出するステップと、

前記基地局装置が前記空間多重伝送評価基準により前記空間多重対応移動局を空間多重伝送に割当て、当該割当てられた空間多重対応移動局へ空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行うステップと、

前記基地局装置が前記空間多元接続評価基準により前記空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局を空間多元接続に割当て、当該割当てられた前記空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記重み付け処理した空間多重伝送を行う送信データ系列とに対し、前記空間多重対応移動局や前記空間多元接続移動局への送信ビームが、同時に接続する他の移動局への干渉を低減する前記送信ビームを形成し、前記基地局アンテナから送信するステップと

を具備することを特徴とする無線通信方法。

【請求項4】

基地局装置がN個のアンテナからアンテナ毎に既知信号を送信するステップと、空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局が、備える総数M個のアンテナ毎にN個の前記既知信号の受信結果を用いて、 $N \times M$ 個のチャネル推定値からなるチャネル推定行列を測定し、さらに受信品質を測定するステップと、

前記空間多重対応移動局及び前記空間多重未対応移動局が、通信回線を介して前記チャネル推定行列及び前記受信品質を前記基地局装置に伝送するステップとをさらに有し、前記基地局装置が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成が、割当てられた前記空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記重み付け処理した空間多重伝送を行う送信データ系列とから、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に直交するように、前記送信ビームを形成することを特徴とする請求項3に記載の無線通信方法。

【請求項5】

前記既知信号は、N個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に時分割多重により送信されることを特徴とする請求項3あるいは請求項4に記載の無線通信方法。

【請求項6】

前記既知信号は、N個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に符号分割多重により送信されることを特徴とする請求項3あるいは請求項4に記載の無線通信

方法。

【請求項 7】

前記既知信号は、N個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に時分割多重と符号分割多重との組み合わせにより送信されることを特徴とする請求項 3 あるいは請求項 4 に記載の無線通信方法。

【請求項 8】

空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局が、備える総数M個のアンテナ毎に既知信号を基地局装置に送信するステップと、

前記基地局装置が複数N個の基地局アンテナ毎に前記既知信号を受信し、受信した前記既知信号を基にN×M個のチャネル推定値からなるチャネル推定行列を測定し、さらに受信品質を測定するステップと、

前記基地局装置が前記チャネル推定行列及び前記受信品質を基に空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を算出するステップと、

前記基地局装置が前記空間多重伝送評価基準により前記空間多重対応移動局を空間多重伝送に割当て、当該割当てられた空間多重対応移動局へ空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行うステップと、

前記基地局装置が前記空間多元接続評価基準により前記空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局を空間多元接続に割当て、当該割当てられた前記空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記重み付け処理した空間多重伝送を行う送信データ系列とに対し、前記空間多重対応移動局や前記空間多元接続移動局への送信ビームが、同時に接続する他の移動局への干渉を低減する前記送信ビームを形成し、前記基地局アンテナから送信するステップと

を具備する無線通信方法。

【請求項 9】

前記基地局が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成は、割当てられた前記空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記重み付け処理した空間多重伝送を行う送信データ系列とから、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に直交するように、前記送信ビームを形成することを特徴とする請求項 8 に記載の無線通信方法。

【請求項 10】

前記受信品質として、受信信号電力対雑音電力比、受信信号電力対干渉電力比、及び受信電力のいずれかを用いることを特徴とする請求項 3、4、8、及び9のいずれかに記載の無線通信方法。

【請求項 11】

前記受信品質として、受信信号電力対雑音電力比、及び移動局の移動速度とフェージング周波数推定値とのいずれか一方を用いることを特徴とする請求項 3、4、8、及び9のいずれかに記載の無線通信方法。

【請求項 12】

前記空間多重伝送評価基準を算出するステップは、所定の受信品質を満たす空間多重対応移動局を選択するステップと、

選択された前記空間多重対応移動局の内、前記空間多重対応移動局での異なるアンテナ間で得られるN個のチャネル推定値間の空間相関係数を基に空間多重伝送数を決定するステップと

からなることを特徴とする請求項 3、4、8、及び9のいずれかに記載の無線通信方法。

【請求項 13】

前記基地局装置は空間多元接続された前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局への送信ビームで送信するデータ系列には予め既知である既知信号を埋め込み、空間多元接続された前記空間多重対応移動局は、前記既知信号を基にチャネル推定値を算出し、前記チャネル推定値を基に空間多重伝送された信号を分離受信することを特徴とする請求項 3 あるいは請求項 4 に記載の無線通信方法。

【請求項 14】

前記空間多元接続評価基準を算出するステップは、
所定のスケジューリング手段により移動局を優先的に割り当てるステップと、
前記優先割当てされた移動局以外から所定の受信品質を満たす空間多重対応移動局または空間多重未対応移動局を選択するステップと、
選択された前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局の内、前記優先割当てされた移動局におけるアンテナで得られたチャネル推定行列との空間相関係数が最小となるアンテナを備えた移動局を選択するステップと
からなることを特徴とする請求項 3、4、8、及び 9 のいずれかに記載の無線通信方法。

【請求項 15】

空間多元接続あるいは空間多重伝送する前記送信ビームを、所定の通信品質となるように電力制御することを特徴とする請求項 3、4、8、及び 9 のいずれかに記載の無線通信方法。

【請求項 16】

前記基地局装置からの前記空間多重未対応移動局に対する通信品質を、前記基地局装置からの前記空間多重対応移動局に対する通信品質よりも高く設定する電力制御を行うことを特徴とする請求項 15 に記載の無線通信方法。

【請求項 17】

前記空間多元接続評価基準は、呼損が所定値よりも大きい場合、前記空間多重未対応移動局同士間の多元接続を優先することを特徴とする請求項 3、4、8、及び 9 のいずれかに記載の無線通信システム方法。

【請求項 18】

通信エリア内の空間多重伝送に割り当てられた空間多重対応移動局へ空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行う部分空間直交化手段と、
通信エリア内の空間多元接続に割り当てられた空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記部分空間直交化手段の出力とに対し、移動局への送信ビームが、同時に接続する他の移動局への干渉を低減する前記送信ビームを形成するビーム形成部と、
前記送信ビームを送信する複数のアンテナと、
を有する基地局装置。

【請求項 19】

前記ビーム形成部が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成は、割り当てられた空間多元接続移動局に対する前記送信データ系列や、前記部分空間直交化手段の出力から、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に直交するように前記送信ビームを形成することを特徴とする請求項 18 に記載の基地局装置。

【請求項 20】

前記空間多重対応移動局と前記空間多重未対応移動局とが同時に空間多元接続割当てされた場合、ビーム形成部は、
前記空間多重未対応移動局に対しては最大比合成ビームを前記空間多重未対応移動局への送信ビームとし、前記空間多重対応移動局への送信ビームは、同時に接続する他の前記空間多重未対応移動局及び空間多重対応移動局への干渉を低減するビームを形成することを特徴とする請求項 18 あるいは請求項 19 に記載の基地局装置。

【請求項 21】

前記ビーム形成部が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成は、同時に接続する他の前記空間多重未対応移動局及び空間多重対応移動局のチャネル推定行列に直交する前記送信ビームを形成することを特徴とする請求項 18 あるいは請求項 19 に記載の基地局装置。

【請求項 22】

前記空間多重対応移動局への送信データ系列に時空間符号化処理を行う時空間符号化手段をさらに有し、

前記時空間符号化された送信データ系列が前記部分空間直交化手段へ出力されることを特徴とする請求項 18 あるいは請求項 19 に記載の基地局装置。

【請求項 23】

所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、前記空間多元接続移動局と、前記空間多重対応移動局とを割当てる判定部をさらに有する請求項 18 乃至 22 のいずれかに記載の基地局装置。

【請求項 24】

前記空間多重伝送評価基準及び前記空間多元接続評価基準は、通信エリア内の移動局から受信するチャンネル推定値および受信品質を基に算出されることを特徴とする請求項 23 に記載の基地局装置。

【請求項 25】

前記空間多元接続移動局が空間多重対応移動局と空間多重未対応移動局との両方を含む場合、

前記空間多重未対応移動局に対するチャンネル推定行列の複素共役転置したものを用いて前記空間多重未対応移動局への送信ビームを形成し、

前記空間多重対応移動局へは、同時に接続する他の前記空間多元接続移動局のチャンネル推定行列に対し直交するように送信ビームを形成する

ことを特徴とする請求項 18 あるいは請求項 19 に記載の基地局装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】無線通信システム、無線通信方法、及び無線通信装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、空間多元接続及び空間多重伝送を用いる無線通信システムに関し、特に空間多重伝送に対応した移動局と、未対応の移動局が通信エリア内に混在する場合に、伝搬環境やトラフィック状況等に応じて空間多元接続及び空間多重伝送の、同時あるいはどちらか一方の適用可能性を判定し適用する無線通信システム、無線通信方法及びその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、無線通信の大容量化、高速化への要求が高まりをみせており、有限な周波数資源の有効利用率向上させる方法の研究がさかんであり、その一つの方法として、空間領域を利用する手法が注目を集めている。空間領域利用技術のひとつは、アダプティブアレーアンテナ（適応アンテナ）であり、受信信号に乗算する重み付け係数（以下、「重み」という。）により振幅と位相を調整することにより、所望方向から到来する信号を強く受信し、干渉波方向を抑圧することができ、これによりシステムの通信容量を改善することが可能となる。

【0003】

また、空間領域を利用した別な技術として、伝搬路における空間的な直交性を利用することで、同一時刻、同一周波数、同一符号の物理チャネルを用いて異なるデータ系列を、1) 異なる移動局に対して伝送する空間多元接続（以下、「SDMA」という。但し、SDMAはSpace Division Multiple Accessの略称である。）技術、2) 同一の移動局に対して伝送する空間多重（以下、「SDM」という。但し、SDMはSpace Division Multiplexの略称である。）技術がある。SDMA技術は、特許文献1や非特許文献1等において情報開示されており、移動局間の空間相関係数が所定値よりも低ければSDMAが可能であり、無線通信システムのスループット、同時ユーザ収容数を改善することができる。

【0004】

一方、SDM技術は、特許文献2や非特許文献2において情報開示されており、送信機及び受信機共に複数のアンテナ素子を備え、アンテナ間での受信信号の相関性が低い伝搬環境下においてSDM伝送が実現できる。この場合、送信機の備える複数のアンテナから、アンテナ素子毎に同一時刻、同一周波数、同一符号の物理チャネルを用いて異なるデータ系列を送信し、受信機においては受信機の備える複数アンテナでの受信信号から異なるデータ系列を基に分離受信する。これにより、空間多重チャネルを複数用いることで多値変調を用いずに高速化の達成が可能である。SDM伝送を行う場合、十分なS/N（信号対雑音比）条件下での送受信機間に多数の散乱体が存在する環境下では、送信機と受信機が同数のアンテナを備えた上で、アンテナ数に比例して通信容量の拡大が可能である。

【特許文献1】特開2002-261670号公報

【特許文献2】特表2001-505723号公報

【非特許文献1】T. Ohgane et al, "A study on a channel allocation scheme with an adaptive array in SDMA," IEEE 47th VTC, Page (s): 725 - 729 vol. 2 (1997)

【非特許文献2】文献G. J. Foschini, "Layered space-time architecture for wireless communication in a fading environment when using multi-element antennas," Bell Labs Tech. J, pp. 41-59, Autumn 1996

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来のSDM技術において、最大の空間多重数は送信側及び受信側のアンテナ数の少ない方に制限を受けるため、送受信のアンテナ数に偏りがある場合、伝搬環境によっては空間多重を効率的に利用できない場合がある。特に基地局側では、アンテナ素子数を移動局よりも多く設置することが可能であるため、基地局から移動局へ送信時には、基地局側の空間的な自由度に余力が生じる場合が生じる。また、移動局にSDMを対応させるためには複数のアンテナと、複数の送信系または受信系と、空間多重された信号を分離するための信号処理部とが必要となり高コスト化する。このため、SDMに対応していない移動局も通信エリア内に混在することが考えられ、空間多重対応した移動局と未対応の移動局との混在下での空間多元接続方法が必要となる。また、SDMAを行う場合、通常、指向性ビームによる空間分割を用いる。その上でさらにSDMを行う場合、ビーム間における空間相関性が高くなるため、一般にはSDMに適さない伝搬条件となってしまう。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の無線通信システムは、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局が通信エリア内に混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送と空間多元接続を同時に行うことを特徴とする。

【0007】

また、本発明に係る無線通信システムは、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局と、通信エリア内の空間多重伝送に割当てられた空間多重対応移動局へ空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行う部分空間直交化手段と、通信エリア内の空間多元接続に割当てられた空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記部分空間直交化手段の出力とに対し、前記空間多重対応移動局や前記空間多元接続移動局への送信ビームが、同時に接続する他の移動局への干渉を低減する前記送信ビームを形成するビーム形成部と、前記送信ビームを送信する複数のアンテナとを備える基地局とを有する。

【0008】

また、本発明に係る無線通信システムにおける基地局装置の前記ビーム形成部が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成は、割当てられた空間多元接続移動局に対する前記送信データ系列や、前記部分空間直交化手段の出力から、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に直交するように前記送信ビームを形成する。

【0009】

これにより、空間多重伝送と空間多元接続を同時に行い、空間領域を用いた多重化が可能な移動局を選択することができるので、空間多重を効率的に活用できる作用を有する。

【0010】

本発明に係る無線通信方法は、基地局装置が、空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局に対するチャネル推定行列及び受信品質を基に、空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を算出するステップと、前記基地局装置が前記空間多重伝送評価基準により前記空間多重対応移動局を空間多重伝送に割当て、当該割当てられた空間多重対応移動局へ空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行うステップと、前記基地局装置が前記空間多元接続評価基準により前記空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局を空間多元接続に割当て、当該割当てられた前記空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記重み付け処理した空間多重伝送を行う送信データ系列とに対し、前記空間多重対応移動局や前記空間多元接続移動局への送信ビームが、同時に接続する他の移動局への干渉を低減する前記送信

ビームを形成し、前記基地局アンテナから送信するステップとを具備する。

【0011】

また、本発明に係る無線通信方法は、基地局装置がN個のアンテナからアンテナ毎に既知信号を送信するステップと、空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局が、備える総数M個のアンテナ毎にN個の前記既知信号の受信結果を用いて、 $N \times M$ 個のチャンネル推定値からなるチャンネル推定行列を測定し、さらに受信品質を測定するステップと、前記空間多重対応移動局及び前記空間多重未対応移動局が、通信回線を介して前記チャンネル推定行列及び前記受信品質を前記基地局装置に伝送するステップとをさらに有し、前記基地局装置の行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成が、割当てられた前記空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記重み付け処理した空間多重伝送を行う送信データ系列とから、同時に接続する他の移動局のチャンネル推定行列に直交するように、前記送信ビームを形成することを特徴とする。

【0012】

これによって、チャンネル推定値及び受信品質情報を基に空間多重伝送と空間多元接続の適用の判定を可能とする。

【0013】

また、本発明に係る無線通信方法は、既知信号はN個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に時分割多重により送信されることを特徴とし、基地局アンテナ毎のチャンネル推定値を移動局で測定できるという作用を有する。

【0014】

また、本発明に係る無線通信方法は、既知信号はN個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に符号分割多重により送信されることを特徴とし、基地局アンテナ毎のチャンネル推定値を移動局で測定できるという作用を有する。

【0015】

また、本発明に係る無線通信方法は、既知信号はN個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に時分割多重と符号分割多重との組み合わせにより送信されることを特徴とし、基地局アンテナ毎のチャンネル推定値を移動局で測定できるという作用を有する。

【0016】

また、本発明に係る無線通信方法は、空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局がM個のアンテナ毎に既知信号を基地局に送信するステップと、前記基地局が複数N個の基地局アンテナ毎に前記既知信号を受信し、受信した前記既知信号を基に $N \times M$ 個のチャンネル推定値からなるチャンネル推定行列を測定し、さらに受信品質を測定するステップと、基地局が前記チャンネル推定行列及び前記受信品質を基に空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を算出するステップと、前記基地局が前記空間多重伝送評価基準により前記空間多重対応移動局を空間多重伝送に割当て、当該割当てられた空間多重対応移動局へ空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行うステップと、前記基地局が前記空間多元接続評価基準により前記空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局を空間多元接続に割当て、当該割当てられた前記空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記重み付け処理した空間多重伝送を行う送信データ系列とに対し、前記空間多重対応移動局や前記空間多元接続移動局への送信ビームが、同時に接続する他の移動局への干渉を低減する前記送信ビームを形成し、前記基地局アンテナから送信するステップとを具備する。これによって、チャンネル推定値及び受信品質情報を基に空間多重伝送と空間多元接続の適用の判定を可能とする。

【0017】

また、本発明に係る無線通信方法における基地局が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成は、割当てられた前記空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記重み付け処理した空間多重伝送を行う送信データ系列とから、同時に接続する他の移動局のチャンネル推定行列に直交するように、前記送信ビームを形成することを特徴とする。

【0018】

また、本発明に係る無線通信方法は、受信品質として、受信信号電力対雑音電力比、受信信号電力対干渉電力比、及び受信電力のいずれかを用いる。これによって、移動局における受信品質を把握することができるという作用を有する。

【0019】

また、本発明に係る無線通信方法は、受信品質として、受信信号電力対雑音電力比、及び移動局の移動速度とフェージング周波数推定値とのいずれか一方を用いることを特徴とし、移動局の移動状況に応じて空間多重伝送と空間多元接続の適用の判定を可能とする。

【0020】

また、本発明に係る無線通信方法は、空間多重伝送評価基準を算出するステップは、所定の受信品質を満たす空間多重対応移動局を選択するステップと、選択された前記空間多重対応移動局の内、前記空間多重対応移動局での異なるアンテナ間で得られるN個のチャネル推定値間の空間相関係数を基に空間多重伝送数を決定するステップからなることを特徴とし、移動局における伝搬環境に応じて空間多重伝送と空間多元接続の適用の判定を可能とする。

【0021】

また、本発明に係る無線通信方法は、基地局は空間多元接続された空間多重対応移動局または空間多重未対応移動局への送信ビームで送信するデータ系列には予め既知である既知信号を埋め込み、空間多元接続された空間多重対応移動局は、既知信号を基にチャネル推定値を算出し、前記チャネル推定値を基に空間多重伝送された信号を分離受信することの特徴とし、移動局において空間多重伝送された複数の空間多重伝送された信号を分離受信するという作用を有する。

【0022】

また、本発明に係る無線通信方法は、空間多元接続評価基準を算出するステップは、所定のスケジューリング手段により移動局を優先的に割当てするステップと、前記優先割当てされた移動局以外から所定の受信品質を満たす空間多重対応移動局または空間多重未対応移動局を選択するステップと、選択された前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局の内、前記優先割当てされた移動局におけるアンテナで得られたチャネル推定行列との空間相関係数が最小となるアンテナを備えた移動局を選択するステップからなることを特徴とし、所定の通信品質で空間多元接続が可能な移動局を選択できるという作用を有する。

【0023】

また、本発明に係る無線通信方法は、空間多元接続あるいは空間多重伝送する前記送信ビームを、所定の通信品質となるように電力制御する。これにより、所定の品質で基地局と移動局間の通信ができるという作用を有する。

【0024】

また、本発明に係る無線通信方法は、前記基地局装置からの前記空間多重未対応移動局に対する通信品質を、前記基地局装置からの前記空間多重対応移動局に対する通信品質よりも高く設定する電力制御を行うことを特徴とする。これにより、干渉除去性能が低い空間多重未対応移動局の受信品質を優先的に高めることでそれを補うことができるという作用を有する。

【0025】

また、本発明に係る無線通信方法は、前記空間多元接続評価基準は、呼損が所定値よりも大きい場合、前記空間多重未対応移動局同士間の多元接続を優先することを特徴とする。これにより、空間多元接続を優先することで同時接続できる移動局数を増加させることができ、呼損が抑えられるという作用を有する。

【0026】

本発明に係る基地局装置は、通信エリア内の空間多重伝送に割当てられた空間多重対応移動局へ空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行う部分空間直交化手段と、通信エリア内の空間多元接続に割当てられた空間多元接続移動局に対する送信データ系列と、前記部分空間直交化

手段の出力とに対し、移動局への送信ビームが、同時に接続する他の移動局への干渉を低減する前記送信ビームを形成するビーム形成部と、前記送信ビームを送信する複数のアンテナとを有する。

【0027】

また、本発明に係る基地局装置は、前記ビーム形成部が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成は、割当てられた空間多元接続移動局に対する前記送信データ系列や、前記部分空間直交化手段の出力から、同時に接続する他の移動局のチャンネル推定行列に直交するように前記送信ビームを形成することを特徴とする。

【0028】

これによって、空間多重伝送と空間多元接続を同時に適用できる送信ビームを形成できるという作用を有する。

【0029】

また、本発明に係る基地局装置のビーム形成部における重み付け処理は、空間多重対応移動局と空間多重未対応移動局が同時に空間多元接続割当てされた場合、空間多重未対応移動局に対しては最大比合成ビームを空間多重未対応移動局への送信ビームとし、空間多重対応移動局への送信ビームは、同時に接続する他の空間多重未対応移動局及び空間多重対応移動局への干渉を低減するビームを形成することを特徴とするこれによって、空間的な干渉除去能力を持たない空間多重未対応移動局の受信品質を、空間多元接続される空間多重移動局よりも、優先的に高めた送信が可能となる。

【0030】

また、本発明に係る基地局装置の前記ビーム形成部が行う、干渉を低減する前記送信ビームの形成は、同時に接続する他の前記空間多重未対応移動局及び空間多重対応移動局のチャンネル推定行列に直交する前記送信ビームを形成することを特徴とする。

【0031】

また、本発明に係る基地局装置は、空間多重対応移動局への送信データ系列に時空間符号化処理を行う時空間符号化手段をさらに有し、この時空間符号化された送信データ系列が部分空間直交化手段へ出力されることを特徴とする。これによって、伝送レートは低減するが、送信ダイバーシチ効果を加えた誤り訂正能力が付加されたことにより受信品質の改善が得られる。

【0032】

また、本発明に係る基地局装置は、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多元接続移動局と、空間多重対応移動局とを割当てする判定部をさらに有する。これによって、空間多元接続と、空間多重伝送の適用の判定が可能になる。

【0033】

また、本発明に係る基地局装置は、前記空間多重伝送評価基準及び前記空間多元接続評価基準は、通信エリア内の移動局から受信するチャンネル推定値および受信品質を基に算出されることを特徴とする。これによって、チャンネル推定値および受信品質を基に、空間多元接続と、空間多重伝送の適用の判定が可能になる。

【0034】

また、本発明に係る基地局装置は、前記空間多元接続移動局が空間多重対応移動局と空間多重未対応移動局との両方を含む場合、前記空間多重未対応移動局に対するチャンネル推定行列の複素共役転置したものを用いて前記空間多重未対応移動局への送信ビームを形成し、前記空間多重対応移動局へは、同時に接続する他の前記空間多元接続移動局のチャンネル推定行列に対し直交するように送信ビームを形成することを特徴とする。これによって、空間多重未対応移動局は、基地局の複数のアンテナからの複数の送信信号が最大比合成された受信信号を得ることが可能になる。

【発明の効果】

【0035】

以上のように本発明によれば、複数のアンテナを備えた基地局を有する無線通信システムにおいて、特定の移動局との空間多重伝送とともに、別な移動局に対しての空間多元接

統が可能な無線通信システムを提供することで、基地局における空間的な自由度を効率的に利用し、無線通信システムの通信容量を改善する。また、通信エリア内のトラフィック状況等に応じて、空間多重方法 (SDM、SDMA) を適応的に変化させる制御方法を提供することで、SDMまたはSDMAによる空間多重技術、及びユーザダイバーシチ効果を有効に活用し、無線通信システムの通信容量を改善する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

以下、本発明の実施の形態について、図1から図8を用いて説明する。

【0037】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る無線通信システムの概略を示す図である。以下、基地局から移動局に向けての送信 (以下、「ダウンリンク」という。) における空間多重を用いた通信方法について説明を行う。

【0038】

図1において、基地局1は複数のアンテナ素子を備え適応的にアンテナ指向性を可変できるものであり、SDM対応移動局2-1~2は空間多重に対応した複数の移動局であり、SDM未対応移動局3-1~3はSDM伝送に未対応である複数の移動局であり、送信ビーム4-1~4は基地局1からの通信を行う移動局に対する複数のビームであり、通信エリア5は基地局1がSDM対応移動局2やSDM未対応移動局3と通信可能なエリアである。なお、SDM対応移動局2の数及びSDM未対応移動局3の数はこれに限定されるものではない。

【0039】

本発明の無線通信システムは、通信エリア5内に、通信可能な複数のSDM対応移動局2及びSDM未対応移動局3が混在しているときに、異なる移動局間に対して空間多元接続と、同一の移動局に対する空間多重とのどちらか一方、あるいは同時に行うことが可能である。そして、空間多重度の効率的利用を可能とする。なお、以下ではSDM対応移動局2またはSDM未対応移動局3を含めてナンバリングしたものを移動局MS_mと表現する。なお、mは通信エリア5内における移動局数N_{ms}以下の自然数をとる。基地局1は、多数のSDM対応移動局2及びSDM未対応移動局3から、SDM、SDMAの同時またはどちらか一方が可能かを判定し、基地局アンテナから複数の送信ビーム4を形成する。これにより、基地局1は、可能と判定された空間多重化、空間多元接続を実現する。

【0040】

図2は本実施の形態における無線通信システムの基地局BS及び移動局MSの詳細な構成を示している。なお、図2では、個別ユーザ送信データ系列211が2つの空間多重チャネル (SCH1、SCH2) を用いてSDM対応移動局MS₁に伝送し、個別ユーザ送信データ系列212が1つの空間多重チャネル (SCH3) を用いて、SDM未対応移動局MS₂に伝送する場合を示しているが、これに限定されることはない。

【0041】

図2の基地局BSにおいて、空間多重伝送評価基準算出手段201は空間多重伝送に適するかを判定するための評価基準を算出するものであり、空間多元接続評価基準算出手段202は空間多元接続に適するかを判定するための評価基準を算出するものであり、判定手段203はそれらの評価基準値を用いて、SDM、SDMAを行う移動局の割り当てを判定する。また、ウエイト生成手段204は判定手段203の出力に基づき、伝搬路に適した指向性形成のためのウエイトを生成するものであり、多元接続制御手段205は判定手段203の出力に基づき所望の移動局のための送信データ系列の出力制御を行なうものである。ここでは、一例として移動局MS₁への送信データ系列211、移動局MS₂への送信データ系列212の出力制御が行われる。空間多重伝送制御手段16は判定手段203の出力に基づき、所望の移動局に対する空間多重伝送のための制御を行う。ここでは、一例として、SDM対応移動局MS₁への送信データ系列211に対し、空間多重のための制御が行われる。また、空間多重伝送制御手段206は、1つの送信データ系列に対し

、空間多重数に応じた複数の送信データ系列を生成させる直並列変換手段209と、直並列変換された送信データ系列(図では2つの空間多重チャネル(SCH1、SCH2)の場合を示す。)を空間的に直交させて送信するための部分空間直交化手段210とからなる。

【0042】

また、ビーム形成部207は各空間多重チャネルSCH1～SCH3に対しそれぞれ送信ウエイト $W_1 \sim W_3$ を乗算するものであり、基地局アンテナ208は複数 N_t 個(ただし、 $N_t > 1$)のアンテナ素子からなる。なお、送信ウエイト W_j はアンテナ素子数 N_t 個の要素(複素数値)を持つ列ベクトルからなる。

【0043】

次に、SDM対応移動局MS1の構成について説明する。

【0044】

アンテナ221は基地局BSから送信された高周波信号を受信する移動局MS1に備えられた複数 N_s ⁽¹⁾個のものであり、受信部222は高周波信号をベースバンド信号に変換するものであり、空間多重分離手段223はベースバンド信号から空間多重された信号を分離受信するものであり、データ混合手段224は分離受信された信号を混合し送信された元のデータ系列に復元するものであり、受信データ系列225はデータ混合手段224から出力される。

【0045】

次に、SDM未対応移動局MS2の構成について説明する。

【0046】

移動局アンテナ231は基地局BSから送信された高周波信号を受信する移動局MS2に備えられたものであり、受信部232は高周波信号からMS2の受信データ系列233を出力する。

【0047】

以下、本実施の形態における基地局1と移動局MSmとの通信の動作を説明する。

【0048】

図3は、基地局1及び移動局MS_mの通信割り当てのための処理手順を示すフローチャートである。フレーム同期及びシンボル同期確立後に、 N_t 個のアンテナ素子及び送信系を備える基地局1は、まず、それぞれの送信系から所定シンボル数 N_p からなる既知信号系列(以下、「アンテナ個別パイロット信号 $AP_k(t)$ 」という。)を送信する(ステップS301)。ただし、 k は基地局1における送信系の番号であり、 $k=1, 2, \dots, N_t$ 。また、 $t=1, \dots, N_p$ 。なお、基地局1のアンテナ素子数 N_t が十分多い場合、あるいはSDMにおける空間多重数が基地局1のアンテナ素子数 N_t よりも小さく制限されている場合、 N_t 個のすべての送信系を用いる必要はなく、一部のみを用いて、アンテナ個別パイロット信号を送信しても良い。

【0049】

ここで、図4(a)～(c)は、アンテナ個別パイロット信号の送信タイミング(フレーム構成)を示す図である。図4(a)は、アンテナ毎にアンテナ個別パイロット信号である既知信号系列A(401)の送信タイミングをずらし、時分割で送信することを示している。なお、アンテナ個別パイロット信号は同一のパターン、またはPN信号等による互いに直交する符号系列を用いることを示している。図4(b)は、異なるアンテナから互いに直交する既知信号系列 B_k (402)を用いて、符号分割多重で送信することを示している。図4(c)は時分割送信と符号分割送信を組み合わせた方式を示す。すなわち、あるアンテナの組み合わせでは、同一時刻の時分割スロットを共有し、それぞれのアンテナ個別パイロット信号A1(403)、A2(404)は互いに直交する符号系列を用いて、符号分割多重で送信する。これにより基地局1におけるアンテナ数が多い場合の時分割送信のオーバーヘッドを低減でき、また符号分割多重時の伝搬路における直交性の低減を緩和することができる。

【0050】

一方、通信エリア5内に存在する移動局MS_mは、基地局アンテナ毎に伝送されるアンテナ個別パイロット信号AP_k(t)を分離受信し、チャンネル推定値を算出する(ステップS321)。さらには受信品質を測定する(ステップS322)。

【0051】

以下、これらステップS321とステップS322の動作を説明する。通信エリア5内に存在する第m番目の移動局MS_mは、N_s(m)個のアンテナと、N_s(m)個の受信系を備えており、最大N_s(m)個の空間多重チャンネルをSDM受信可能とする。なお、mは通信エリア5内における移動局数N_{ms}以下の自然数である。ここで、SDM未対応移動局3は、N_s(m)=1となり、SDM対応移動局2はN_s(m)>1となる。移動局MS_mは、第k番目のアンテナ個別パイロット信号AP_k(t)を、第j番目のアンテナ及び受信系で受信した結果であるr_{j,k}^(m)(t)(ただし、j=1,...,N_s(m))に対し、移動局MS_mの内部で生成したAP_k(t)との相関演算を行い、(式1)に示すような伝搬路のチャンネル推定値h^m(j,k)を算出する。なお、*は複素共役を行う演算子である。なお、この相関演算は複数回にわたるアンテナ個別パイロット信号AP_k(t)の受信結果を保存し、平均化処理を行ってもよい。その場合は、移動局の移動速度が十分小さければ、雑音の影響を低減でき、チャンネル推定品質を高めることが可能となる。最終的に、第m番目の移動局MS_mによるチャンネル推定値は合計(アンテナ個別パイロット信号数N_t)×(移動局のアンテナ数N_s(m))個算出される。

【0052】

【数1】

$$h^m(j,k) = \sum_{t=1}^{N_p} AP_k^*(t) r_{j,k}^{(m)}(t) \quad (1)$$

【0053】

続いて、アンテナ個別パイロット信号毎、移動局のアンテナ毎の受信品質P^m(j,k)を算出する。受信品質は受信信号電力、SIR(信号電力対干渉電力比)、SNR(信号電力対雑音電力比)等の適用が可能であり、以下ではSNRを用いた場合の例を示す。アンテナ個別パイロット信号AP_k(t)を用いてSNRを評価する場合、信号電力をS^m(j,k)=|h^m(j,k)|²/N_pとし、(式2)で示す雑音電力N^m(j,k)を用いて受信品質P^m(j,k)、すなわちSNR評価(=S^m(j,k)/N^m(j,k))が可能である。

【0054】

【数2】

$$N^m(j,k) = \frac{1}{N_p} \sum_{t=1}^{N_p} |r_{j,k}^{(m)}(t) - S^m(j,k)|^2 \quad (2)$$

【0055】

以上がステップS321とステップS322の動作である。

【0056】

次に、移動局MS_mは算出されたチャンネル推定値h^m(j,k)及び受信品質P^m(j,k)を、通信チャンネルを介し基地局1へフィードバックする(ステップS323)。なお、受信品質に関しては、(アンテナ個別パイロット信号数N_t)×(移動局のアンテナ数N_s(m))個の全てをフィードバックする代わりに、フィードバック情報の削減のため、(式3)で示されるP_s(m)を基地局アンテナ数N_t、及び移動局アンテナ数N_s(m)にわたり平均化したものを、通信チャンネルを介し基地局1へフィードバックすることも可能である。

【0057】

以下では受信品質としてP_s(m)を伝送する方式について説明する。なお、ここでは

、(式3)に示すように受信品質 $P^m(j, k)$ の平均値を算出しているが、中央値あるいは最大値等を用いてもよい。また、さらなるフィードバック情報量の削減のため、チャンネル推定値 $h^m(j, k)$ 及び受信品質 $P^m(j, k)$ を所定間隔で量子化したテーブルを基地局、移動局側で共有し、そのテーブル番号を受け渡すようにしてもよい。

【0058】

【数3】

$$P_s(m) = \frac{1}{N_t N_s(m)} \sum_{k=1}^{N_t} \sum_{j=1}^{N_s(m)} P^m(j, k) \quad (3)$$

【0059】

一方、基地局1において、空間多重伝送評価基準算出手段201及び空間多元接続評価基準算出手段202が、チャンネル推定値 $h^m(j, k)$ 及び受信品質情報 $P_s(m)$ 213に関するフィードバック情報を受信したか否かをチェックし(ステップS302)、受信している場合、判定手段203がそれらから算出した出力結果を基に優先割当移動局を決定する(ステップS303)。この移動局を優先的に割当てるスケジューリング方法としては、SIRに基づくパケットスケジューリングである、Maximum CIR法やProportional Fairness法等があり、文献A. Jalali et al, "Data Throughput of CDMA-HDR a High Efficiency-High Data Rate Personal Communication Wireless System," IEEE VTC2000-Spring, pp.1854-1858において情報開示されている。ここでは、第A番目の移動局 MS_A が優先割り当てられ、移動局個別(ユーザ個別)の通信を開始するものとする。

【0060】

次に、基地局1の判定手段203は、優先割当された移動局 MS_A がSDM伝送可能かどうかを空間多重伝送評価基準算出手段201で算出した評価値を基に判定する(ステップS304)。判定手段203は、SDM未対応移動局3であるならば、SDMA可能な移動局を探索する(ステップS306)。

【0061】

一方、SDM対応移動局2ならばフィードバックされた伝搬路のチャンネル推定値 $h^A(j, k)$ を用いて、SDM対応処理を行い(ステップS305)、続いてSDMA可能な移動局を探索する(ステップS306)。ただし、 $k=1, \dots, N_t$ であり、 $j=1, \dots, N_s(A)$ である。判定の結果、 N_c 個の空間多重チャンネル数が使用されるものとする。ただし、 $1 \leq N_c < N_s(A)$ を満たす自然数である。ここで、SDM対応処理は、移動局 MS_A に関するチャンネル推定値 $h^A(j, k)$ を(式4)のように行列表記し、 $H(A)$ を特異値分解することで得られる $N_s(A)$ 個の特異値 λ_j を算出し、所定値を超える特異値の数により空間多重チャンネル数を判定することが可能である。ここで、 $j=1, \dots, N_s(A)$ である。また、別な方法としては $H(A)$ の($N_s(A) - 1$)個の行ベクトル間の相関係数(以下、空間相関係数)を算出し、所定値以下となる個数を空間多重チャンネル数としても良い。

【0062】

【数4】

$$H(A) = \begin{bmatrix} h^A(1,1) & h^A(1,2) & \dots & h^A(1,N_t) \\ h^A(2,1) & h^A(2,2) & \dots & h^A(2,N_t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^A(N_s(A),1) & h^A(N_s(A),2) & \dots & h^A(N_s(A),N_t) \end{bmatrix} \quad (4)$$

【0063】

また、SDMA可能な移動局の探索(ステップS306)は、基地局1にフィードバックされたチャンネル推定値あるいは受信品質情報を基に行う。まず、第A番目の移動局 MS

Aの受信品質情報 $P_s(A)$ を除く、受信品質情報 $P_s(m)$ を用いて、所定レベルを超える品質の移動局を第1段階目に選択する。所定レベルの設定として、所定のマージン値 C を用いた $P_s(m) > P_s(A) + C$ のように設定してもよい(ただし、 m はA以外の通信エリア5内の移動局番号を示す)。この場合、第A番目の移動局 MS_A よりも受信品質が高い移動局を選択することができる。基地局1の送信電力制御を行う場合、基地局1からの送信電力は第A番目の移動局 MS_A よりも低く設定することが可能であり、移動局 MS_A に対する与干渉を低減できる。

【0064】

次に、既に割当てられた移動局 MS_A でのチャネル推定値 $h^A(j, k)$ と、第1段階で選択された移動局間のチャネル推定値 $h^m(j, k)$ との空間相関係数 $SC(m, A)$ を(式5)あるいは(式6)を用いて算出する。ここで、*は複素共役を示す。ここで、 m は、第1段階で選択された移動局の番号を示す。

【0065】

【数5】

$$SC(m, A) = \frac{1}{N_s(m)N_s(A)N_t} \sum_{j_A=1}^{N_s(A)} \sum_{j_m=1}^{N_s(m)} \sum_{k=1}^{N_t} \frac{[h^m(j_m, k)]^* h^A(j_A, k)}{\sqrt{h^m(j_m, k)} \sqrt{h^A(j_A, k)}} \quad (5)$$

【0066】

【数6】

$$SC(m, A) = \max_{j_A \in N_s(A), j_m \in N_s(m)} \frac{1}{N_t} \sum_{k=1}^{N_t} \frac{[h^m(j_m, k)]^* h^A(j_A, k)}{\sqrt{h^m(j_m, k)} \sqrt{h^A(j_A, k)}} \quad (6)$$

【0067】

第1段階で選択された全ての対象移動局 MS_m に対し、(式5)または(式6)による空間相関係数の演算を空間多元接続評価基準算出手段202において行い、第A番目の移動局 MS_A に対し、最も空間相関 $SC(m, A)$ が低い移動局 MS_m が、所定の空間相関係数値を下回っているか否かを判定する(ステップS307)。下回っている場合、空間多元接続移動局(第B番目の移動局とする)として選択し、さらに空間多元接続移動局がSDM対応移動局2かどうかを判定する(ステップS308)。もし、SDM未対応移動局3ならば、再度、SDMA可能な移動局 MS_m を探索する(ステップS306)。SDM対応移動局2ならば、フィードバックされた伝搬路のチャネル推定値 $h^B(j, k)$ を用いて、ステップS305と同様な方法を用いてSDM対応処理を行う(ステップS309)。ただし、 $k=1, \dots, N_t$ であり、 $j=1, \dots, N_s(B)$ である。判定の結果、 $N_c^{(B)}$ 個の空間多重チャネル数が使用されるものとする。ただし、 $1 < N_c^{(B)} < N_s(B)$ を満たす自然数である。判定後、再度、SDMA可能な移動局 MS_m を探索する(ステップS306)。

【0068】

なお、ステップS306において、既に複数の移動局 MS_m が割当てられている場合に、SDMA可能な移動局 MS_m を探索する際には、 $SC(m, A)$ の代わりに、(式7)に示す $MSC(m)$ を用いる。 $MSC(m)$ は、既に割当てられた移動局A, B, C, . . . に対し最大の $SC(m, k)$ を与える。ただし、 k は既に割当てられた移動局 MS_A, MS_B, MS_C, \dots の番号を与える。

【0069】

【数7】

$$MSC(m) = \max_{k=A, B, C, \dots} SC(m, k) \quad (7)$$

【0070】

次に、ステップS307において、SDMA可能な移動局MS_nが存在しないと判定した場合は、それ以上の空間多元接続は行わずにSDMを行うかどうかの通知（空間多重数を通知）を含めた通信開始通知を、割当てられた所定の移動局MS_nに対して行う（ステップS310）。

【0071】

次に、基地局は移動局MS_nに対する個別ユーザチャネル送信を開始する（ステップS311）。一方、所定の移動局MS_nは、基地局1からの通信開始通知を受信すると、個別ユーザチャネル受信のための処理を行い（ステップS324）、その後の送信されてきた信号を個別ユーザチャネルの受信を開始する（ステップS325）。なお、SDMA割当てされた各移動局MS_nへの送信電力は、所定の受信品質が得られるように送信電力制御を行う。

【0072】

なお、SDM対応移動局2とSDM未対応移動局3間で、SDMAを行う場合、SDM未対応移動局3は、空間領域での干渉抑圧ができない。このため、SDM未対応移動局3は目標とする受信品質をSDM対応移動局2よりも高く設定することにより、SDMA時における受信品質を確保することができる。

【0073】

以上のように、SDM移動局2とSDMA未対応移動局3とが通信エリア5内に混在する場合においても、移動局MS_mがアンテナ個別パイロット信号を用いてチャネル推定値及び受信品質情報を、基地局1側にフィードバックすることにより、基地局1はSDMとSDMAの同時あるいはどちらか一方を組み合わせた空間領域を用いた多重化の可能な移動局MS_nを選択することができ、空間多重を効率的に活用することができる。

【0074】

次に、上記の通信割当て処理を行った後の、移動局MS及び基地局BSにおける指向性制御動作について、説明を行う。

【0075】

第n番目の移動局MS_nへの第k番目の空間多重チャネルにおける送信データ系列をS_kⁿ(t)とする（ただし、tは時刻を表す）。ここで、nは空間多元接続を行う移動局数Nd以下の自然数、kは第n番目の移動局MS_nに対する空間多重数N_c⁽ⁿ⁾以下の自然数である。また、1 ≤ N_c⁽ⁿ⁾ < N_s⁽¹⁾である。第n番目の移動局MS_nにおける第p番目のアンテナで受信したチャネル推定値をhⁿ(p, m)とする。このチャネル推定値hⁿ(p, m)は、移動局MS_nから基地局BSにフィードバックされた第m番目の基地局アンテナからのアンテナ個別パイロット信号AP_n^m(t)に対するものである。なお、mは基地局アンテナ数N_t以下の自然数、pは第n番目の移動局MS_nにおけるアンテナ数N_s⁽ⁿ⁾以下の自然数である。ここで、第n番目の移動局MS_nに対するチャネル推定行列Hⁿを（式8）のように定義する。

【0076】

【数8】

$$H^n = \begin{bmatrix} h^n(1,1) & h^n(1,2) & \cdots & h^n(1,N_t) \\ h^n(2,1) & h^n(2,2) & \cdots & h^n(2,N_t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^n(N_s^{(n)},1) & h^n(N_s^{(n)},2) & \cdots & h^n(N_s^{(n)},N_t) \end{bmatrix} \quad (8)$$

【0077】

図2において、ウェイト生成手段204は、（式8）に示すチャネル推定行列Hⁿを用いて送信ウェイトを生成する。ここで、第j番目の空間多重チャネルに対する送信ウェイトベクトルW_jは、（式9）のように、第j番目以外のSDMAされる他ユーザnに対し、干渉を生じないビーム形成を行う。nは第j番目を除くSDMAを行う移動局の総数N

d 以下の自然数である。また、第 n 番目の移動局 MS_n のみが割当てられ SDMA を行わない場合は、その移動局の空間多重数が $N_c^{(n)}$ であるときは、基地局アンテナ 208 のうちから $N_c^{(n)}$ 個のアンテナを選択して送信する。

【0078】

【数9】

$$H^* W_j = 0 \quad (j \neq n) \quad (9)$$

【0079】

なお、(式9) は移動局間の送信信号が干渉しあわない直交条件を用いているが、このほかに、(式10) で示されるような最小二乗誤差規範 (MMSE: Minimum Mean Square Error) によるウェイト生成方法を用いてもよい。ここで、 y_{nj} は、第 j 番目の移動局 MS_j への送信信号が、第 n 番目の移動局 MS_n で受信される信号成分である。

【0080】

【数10】

$$W_j = \arg \min_w \| y_{nj} - H^* W \| ^2 \quad (j \neq n) \quad (10)$$

【0081】

ビーム形成部 207 は、ウェイト生成手段により生成された、SDM 及び SDMA に用いる空間多重チャネルの総数 T_c に等しい数の送信ウェイトベクトル $W_j = [W_{j1}, W_{j2}, \dots, W_{jNt}]^T$ を用いて (ただし、j は空間多重チャネルの総数 T_c 以下の自然数、T はベクトル転置を示す)、第 j 番目の空間多重チャネルの送信データ系列 $SCH^{(j)}$ を基地局アンテナ数分 (Nt) だけ複製し、送信ウェイトベクトルの各要素を乗算し、基地局アンテナ 208 から送信する。

【0082】

以上のように、(式9) を満足する送信ウェイト W_j を生成することで、空間多重チャネル数 $N_c^{(A)} = 1$ である第 A 番目の移動局 MS_A に向けた送信ウェイトが W_j である場合、(式11) のように表せるチャネル推定値 C_A で受信される。また、空間多重チャネル数 $N_c^{(B)} > 1$ である第 B 番目の移動局 MS_B に向けた送信ウェイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c^{(B)}} - 1$ である場合、(式12) のように表せる $(N_s^{(B)} \times N_c^{(B)})$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信される。

【0083】

部分空間直交化手段 210 は、第 B 番目の移動局 MS_B に対し SDM 伝送する場合に、空間多重チャネル数 $N_c^{(B)} > 1$ である第 B 番目の移動局 MS_B に向けた送信ウェイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c^{(B)}} - 1$ であるとする、(式12) のように表せる $(N_s^{(B)} \times N_c^{(B)})$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信される。また、予め (式13) に示すように C_B を特異値分解し、得られる特異値の大きい順に $N_c^{(B)}$ 個選択する。そして、それらの特異値 λ_k に対応する右特異値ベクトルからなる右特異値行列 $V_s = [V_1 \ V_2 \ \dots \ V_{N_c^{(B)}}]$ を用いて、(式14) に示すように空間多重チャネルのデータ系列 $S(t) = [S_1^B(t) \ S_2^B(t) \ \dots \ S_{N_c^{(B)}}^B(t)]^T$ に対し、右特異値行列 V_s を左から乗算し、信号系列 $S_2(t)$ を算出する。ここで、 $k = 1 \sim N_c^{(B)}$ である。ビーム形成部 207 は $S_2(t)$ の $N_c^{(B)}$ 個の要素に対し、それぞれ送信ウェイト $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c^{(B)}} - 1$ を乗算する。ここで、(式13) において、U はチャネル推定行列 C_B の左特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、V はチャネル推定行列 C_B の右特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、Q は対角成分を特異値とする対角行列である。

【0084】

なお、受信部 222 は部分空間直交化手段 210 を省略する構成でも可能であり、その場合、(式14) における V_s は N_c 次単位行列となる。

【0085】

【数 1 1】

$$H^A W_j = C_A \quad (11)$$

【0086】

【数 1 2】

$$H^A [W_j W_{j+1} \dots W_{j+N_c(n-1)}] = C_B \quad (12)$$

【0087】

【数 1 3】

$$C_B = U \Lambda V^H = U \begin{bmatrix} Q & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} V^H \quad (13)$$

【0088】

【数 1 4】

$$S_2(t) = V_s S(t) \quad (14)$$

【0089】

以上が基地局 1 の動作説明である。

【0090】

次に、SDM対応移動局 MS_n では $N_c^{(n)}$ 個の空間多重チャネルを分離受信するために、またSDM未対応移動局 MS_n では同期検波受信のために空間多重チャネル毎に既知信号系列（以下、空間多重チャネル個別パイロット信号） $CP_k(t)$ を埋め込んで送信する。ここで、 k は空間多重チャネルの総数 T_c 以下の自然数である。ただし、送信信号が差動符号化され、遅延検波を適用する場合は、このような空間多重チャネル個別パイロット信号の送信は不要である。

【0091】

図 5 (a)、(b) は空間多重チャネル個別パイロット信号 $CP_k(t)$ の送信方法（フレーム構成）を示している。図 5 (a) は、空間多重チャネル個別パイロット信号系列 $A_k(501)$ の送信タイミングをずらし時分割で送信する方法を示している。アンテナ個別パイロット信号は同一のパターン、またはPN（擬似ランダム信号）信号等による互いに直交する符号系列を用いる。図 5 (b) は異なる、空間多重チャネルから互いに直交する符号系列 $B(502)$ を用いて、符号分割多重で送信する方法を示している。また、図 4 (c) で説明したように時分割送信と符号分割送信を組み合わせた方法も可能である。

【0092】

次に、第 n 番目のSDM対応移動局 MS_n は、移動局 MS における受信動作について説明する。

【0093】

まず、 $N_s^{(n)}$ 個の移動局アンテナ 221 は空間多重された高周波信号を受信する。 $N_s^{(n)}$ 個の受信部 222 は、受信した $N_s^{(n)}$ 個のそれぞれの高周波信号に対し、周波数変換後に直交検波により I 信号、Q 信号からなる複素ベースバンド信号 $r_j^{(n)}(t)$ を $N_s^{(n)}$ 個出力する。（ただし、 j は $N_s^{(n)}$ 以下の自然数。）次に、空間多重分離手段 223 がSDM対応移動局 MS_n に対する $N_c^{(n)}$ 個の空間多重チャネルを分離する。

【0094】

この空間多重チャネルの分離方法は、1) チャネル推定行列の逆行列を利用する方法（ゼロフォーシング手法）、2) 最尤推定（結合推定）、3) V-BLAST等の手法の適

用が可能である。以下では、1)の方法を用いた場合の動作について説明を行う。

【0095】

まず、空間多重チャネルに個別に埋め込まれた空間多重チャネル個別パイロット信号 $CP_k(t)$ を用いることで、(式15)に示すようにそれぞれの空間多重チャネル毎にチャネル推定値 $h^n(j, k)$ を算出する。ここで k はSDM対応移動局 MS_n に向けて送信される空間多重チャネル数 $N_c^{(n)}$ 個以下の自然数である。なお、*は複素共役演算子であり、空間多重チャネル個別パイロット信号 $CP_k(t)$ のシンボル数を N_q とする。得られた空間多重チャネル毎にチャネル推定値 $h^n(j, k)$ を構成要素とする(式16)に示すチャネル推定行列 H^n を生成し、その一般逆行列 $(H^n)^{-1}$ を受信信号ベクトル $R = [r_1^{(n)}(t), r_2^{(n)}(t), \dots, r_{N_s^{(n)}}^{(n)}(t)]^T$ に左から乗算することで、それぞれの空間多重チャネルを分離受信する。なお、移動局 MS_n への空間多重数及び空間多重チャネル個別パイロット信号の種別に関しては、予め基地局 BS から移動局 MS_n へ制御チャネル等を通じて通知がなされる。

【0096】

【数15】

$$h^n(j, k) = \sum_{t=1}^{N_q} CP_k^*(t) r_j^{(n)}(t) \quad (15)$$

【0097】

【数16】

$$H^n = \begin{bmatrix} h^n(1,1) & h^n(1,2) & \dots & h^n(1, N_c^{(n)}) \\ h^n(2,1) & h^n(2,2) & \dots & h^n(2, N_c^{(n)}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^n(N_s^{(n)}, 1) & h^n(N_s^{(n)}, 2) & \dots & h^n(N_s^{(n)}, N_c^{(n)}) \end{bmatrix} \quad (16)$$

【0098】

なお、空間多重分離の別な方法として、第B番目の移動局 MS_B に対しSDM伝送する場合に、部分空間直交化手段210を用いたとき、(式13)に示すように C_B の特異値分解で得られる特異値から大きい順に N_c 個選択し、それらの特異値に対応する左特異値ベクトルからなる右特異値行列 $U_s = [U_1 \ U_2 \ \dots \ U_{N_c(B)}]$ を用いて、その複素共役転置した行列 $(U_s)^H$ を受信信号ベクトル $R = [r_1^{(B)}(t), r_2^{(B)}(t), \dots, r_{N_s(B)}^{(B)}(t)]^T$ に左から乗算する方法がある。これにより、それぞれの空間多重チャネルを分離受信することができる。この場合、予め右特異値行列 U_s を移動局 MS_B に対し通信回線を介して通知しておく。また、この方法を用いる場合、伝搬チャネル変動補償も同時に行われるため、空間多重チャネル個別パイロット信号の送信は不要となる利点がある。

なお、移動局 MS_n への空間多重数及び空間多重チャネル個別パイロット信号の種別に関しては、予め基地局 BS から移動局 MS_n へ制御チャネル等を通じて通知がなされる。

【0099】

次に、SDM未対応移動局 MS_1 の受信動作について説明する。

【0100】

受信部222は、アンテナにより受信された高周波信号を適宜周波数変換し、遅延検波、準同期検波、あるいは、同期検波を用いて、受信動作を行う。受信信号は、図示されない復号部により符号判定、復号化されユーザ送信データを復元する。なお、SDM未対応移動局 MS_1 は、空間多重アクセスのため、同一干渉波成分が高くなることが予想されているが、干渉除去のために樋口他、電子情報学会技術報告 $RCS2000-134$ (2000) で開示されている文献等に記載のマルチパス干渉キャンセラーを搭載することで、

同一干渉成分を除去することができる。そして、除去後の受信信号を、復号部により符号判定、復号化されユーザ送信データを復元することで高品質な受信性能を得ることができる。

【0101】

以上のように本実施の形態では、基地局BSにおいてSDMとSDMAが組み合わされて送信するための、移動局の割り当てを行い、その移動局は送信指向性制御方法、及び移動局における空間分離受信方法を行っている。これにより、基地局が特定の移動局との空間多重伝送とともに、伝搬環境に応じて別な移動局に対しての空間多元接続を行うことが可能となり、基地局における空間的な自由度を効率的に利用することができ、SDMまたはSDMAによる空間多重技術及びユーザダイバーシチ効果を有効に活用し、無線通信システムの通信容量を改善することが可能になる。

【0102】

なお、本実施形態をマルチキャリア伝送方式の無線通信システムに適用することも同様に可能である。この場合、1) 複数サブキャリアの内の1つ（例えば、中心周波数に付近のサブキャリア等）を用いて、実施の形態1と同様な動作を行いサブキャリア共通の1つの送信ビームを形成する方法、2) 複数サブキャリアの一部あるいは全てを用いて、実施の形態1と同様な動作、すなわち、それぞれのサブキャリア毎にチャネル推定値算出、受信品質推定を行い、基地局1にそれらの情報をフィードバックし、空間相関係数の算出に基づきSDM、SDMAを行う移動局MS_nの割り当てを行う方法が可能である。なお、空間相関係数算出時には、サブキャリア毎に、実施の形態1と同様に空間相関係数を算出し、それらの平均あるいは中央値、あるいは最大値、最小値等の代表値を最終的な空間相関係数として、移動局MS_nを割り当てる。また、サブキャリア毎に送信ビームを形成する送信ビーム形成方法により、本実施の形態を同様に適用することができる。

【0103】

なお、本実施の形態において、SDMあるいはSDMAをトラフィック状況に応じて、移動局MS_nの割り当て処理を適応的に変化させることもできる。通信エリア5内に多数の移動局MS_nが存在し、呼損が所定レベルより多く発生する場合は、図3におけるSDM対応処理（ステップS305、S309）を省略する処理により、SDMよりもSDMAが可能な移動局割り当てを優先することができる。この場合、同時に通信が可能な移動局数を増大できるという効果が得られる。

【0104】

また、通信エリア5の大小（またはセル半径）に応じて、移動局MS_nの割り当て処理を適応的に変化させることも可能である。この場合、マクロセルのように一般的に基地局アンテナ高が周辺建物よりも高い場合は、送受信間の見通しが確保できる通信エリア5内の場所率が比較的高くなるため、SDMよりもSDMAに適した伝搬環境下となる。このため、図3におけるSDM対応処理（ステップS305、S309）を省略する処理により、SDMよりもSDMAが可能な移動局割り当てを優先させる。

【0105】

なお、本実施の形態では、基地局1から移動局MS_nに向けての送信（ダウンリンク）における空間多重を用いた通信方法について説明を行ったが、移動局MS_nから基地局1への送信（アップリンク）においても、同様に適用することが可能である。この場合、移動局MS_nの備えているアンテナ毎にアンテナ個別パイロット信号を時間分割、あるいは符号分割して基地局1に送信し、基地局1において、それぞれのアンテナ個別パイロット信号のチャネル推定値と受信品質を算出する。これにより、移動局MS_nからのそれらのフィードバック情報を用いることなく、図3を用いて説明したものと同様な動作により移動局MS_nのSDMあるいはSDMAの割り当てが可能となる。

【0106】

なお、本実施の形態では、基地局1から移動局MS_nに向けての送信（ダウンリンク）におけるチャネル推定値及び受信品質情報は、基地局1に対し通信回線を介してフィードバックし、TDD（Time Division Duplex）を用いる無線通信シス

テムにおいては、同一周波数を伝送媒体として用いるので、伝搬路の相反性から、移動局 MS_n の備えているアンテナ毎にアンテナ個別パイロット信号を時間分割、あるいは符号分割して基地局 1 に送信し、基地局 1 において、それぞれのアンテナ個別パイロット信号のチャネル推定値と受信品質を算出する。これにより、移動局 MS_n からのそれらのフィードバック情報を用いることなく、図 3 を用いて説明した通信割り当て処理と同様な動作により移動局 MS_n の SDM あるいは SDMA の割当てが可能となる。また、TDD におけるアップリンクへの本実施の形態の適用も同様に可能である。

【0107】

なお、受信品質情報として、本実施の形態で説明を行った SNR 等の受信品質の他に、移動局 MS_n の推定移動速度、ドップラー周波数推定値等の移動局 MS_n のモビリティに関連する評価値を組み合わせてもよい。この場合、受信品質情報のフィードバック、あるいは SDMA、または SDM 割当て処理により遅延が生じるが、所定のモビリティ以上の移動局は、SDMA、または SDM 割当て処理を行わないという判定動作を図 3 におけるステップ S306 に加えることで動作が可能となる。

【0108】

(実施の形態 2)

図 6 は、本発明の実施の形態 2 に係る基地局装置の構成を示す図である。本実施の形態では、SDM 対応移動局と SDM 未対応移動局がエリア内に混在している無線通信システムにおいて、SDM 未対応移動局を優先して通信を行う場合の空間的なチャネルの形成方法について説明する。

【0109】

図 6 に示す基地局 BS の構成は、実施の形態 1 で用いた図 2 におけるウエイト生成部 204 の代わりに、SDM 未対応移動局用ウエイト生成手段 601 及び SDM 対応移動局用ウエイト生成手段を設けている点が異なり、これによる送信ビーム生成方法が異なる。以下、実施の形態 2 と異なる部分を主に説明し、実施の形態 1 と同様な部分に関してはその説明を省略する。なお、実施の形態 1 と同様に、ダウンリンクにおける空間多重を用いた移動局 MS の通信割り当て処理を行った後の、移動局 MS 及び基地局 BS における指向性制御方法について説明する。

【0110】

第 n 番目の移動局 MS_n への第 k 番目の空間多重チャネルにおける送信データ系列を $S_k^n(t)$ とする (ただし、 t は時刻を表す)。ここで、 n は空間多元接続を行う移動局数 N_d 以下の自然数、 k は移動局 MS_n に対する空間多重数 $N_c^{(n)}$ 以下の自然数である。また、 $1 \leq N_c^{(n)} < N_s^{(1)}$ である。第 n 番目の移動局 MS_n の第 p 番目のアンテナで受信した場合のチャネル推定値を $h^n(p, m)$ とする。このチャネル推定値 $h^n(p, m)$ は、移動局 MS_n から基地局 BS にフィードバックされた第 m 番目の基地局アンテナ 208 からのアンテナ個別パイロット信号 $AP_m(t)$ に対するものである。なお、 m は基地局アンテナ数 N_t 以下の自然数、 p は第 n 番目の移動局 MS_n におけるアンテナ数 $N_s^{(n)}$ 以下の自然数である。ここで、第 n 番目の移動局 MS_n に対するチャネル推定行列 H^n を (式 8) のように定義する。

【0111】

SDM 未対応移動局用ウエイト生成手段 601 は第 s 番目の SDM 未対応移動局 MS_s に対する送信ウエイトベクトル $W_s = (H^{(s)})^H$ を生成し、SDM 対応移動局用ウエイト生成手段 602 に出力する。ただし、 H は複素共役転置を表す。この送信ウエイトベクトル W_s により、第 s 番目の SDM 未対応移動局 MS_s では、基地局 BS の複数アンテナからの複数の送信信号が最大比合成された受信信号が得られる。

【0112】

SDM 対応移動局用ウエイト生成手段 602 は、SDM 対応移動局 MS_j の第 j 番目の空間多重チャネルに対する送信ウエイトベクトル W_j が、(式 9) のように、第 j 番目以外の SDMA される他ユーザ n に対し、干渉を生じないビーム形成を行う。 n は SDMA を行う移動局の総数 N_d 以下の自然数である。これにより、空間多重チャネル数 $N_c^{(A)}$

= 1 である第 A 番目の移動局 MS_A に向けた送信ウエイトが W_j である場合、(式 10) のように表せるチャネル推定値 C_A で受信される。また、空間多重チャネル数 $N_c^{(B)} > 1$ である第 B 番目の移動局 MS_B に向けた送信ウエイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c^{(B)}}-1$ である場合、(式 12) のように表せる $(N_s^{(B)} \times N_c^{(B)})$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信される。ここで、部分空間直交化手段 210 は、第 B 番目の移動局 MS_B に対し SDM 伝送する場合に、空間多重チャネル数 $N_c^{(B)} > 1$ である第 B 番目の移動局 MS_B に向けた送信ウエイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c^{(B)}}-1$ であるとき、(式 12) のように表せる $(N_s^{(B)} \times N_c^{(B)})$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信される。予め (式 13) に示すように C_B を特異値分解し、得られる特異値の大きい順に $N_c^{(B)}$ 個選択し、それらの特異値 λ_k に対応する右特異値ベクトルからなる右特異値行列 $V_s = [V_1 \ V_2 \ \dots \ V_{N_c^{(B)}}]$ を用いて、(式 14) に示すように空間多重チャネルのデータ系列 $S(t) = [S_1^B(t) \ S_2^B(t) \ \dots \ S_{N_c^{(B)}}^B(t)]^T$ に対し、右特異値行列 V_s を左から乗算し、信号系列 $S_2(t)$ を算出する。ここで、 $k = 1 \sim N_c^{(B)}$ である。

【0113】

次に、ビーム形成部 207 が $S_2(t)$ の $N_c^{(B)}$ 個の要素に対し、それぞれ送信ウエイト $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c^{(B)}}-1$ を乗算する。ここで、(式 13) において、 U はチャネル推定行列 C_B の左特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、 V はチャネル推定行列 C_B の右特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、 Q は対角成分を特異値とする対角行列である。なお、部分空間直交化手段 210 を省略する構成でも可能であり、その場合、(式 14) における V_s は N_c 次単位行列となる。

【0114】

移動局 MS_n での動作は、実施の形態 1 と同様である。

【0115】

以上のように、基地局 BS において SDM と SDMA が組み合わせられて送信される場合について、実施の形態 1 とは異なる SDM 未対応移動局へのビーム形成方法を用いる無線通信システムについて説明を行った。本実施の形態により、基地局は SDM 未対応移動局に対しては、複数アンテナからの複数の送信信号が最大比合成される受信信号が得られる送信ビームを用いる。これにより、SDM 未対応移動局への受信品質をあるレベルにおいて確保した状態で、SDMA を可能とすることができる。一方、SDM 対応移動局への干渉度は増加するが、SDM 対応移動局には備えた複数アンテナにより空間領域を用いた干渉除去が可能であるため、干渉に対する耐性が SDM 未対応移動局よりも高い。これにより、無線通信システムとしてのスループットの減少を小さい範囲で納めることができる。

【0116】

なお、本実施の形態をマルチキャリア伝送方式の無線通信システムに適用することも同様に可能である。この場合、1) 複数サブキャリアの内の 1 つ (例えば、中心周波数に付近のサブキャリア等) を用いて、サブキャリア共通の 1 つの送信ビームを形成する方法、2) 複数サブキャリアの一部あるいは全てを用いて、それぞれのサブキャリア毎のアンテナ個別パイロット信号に対するチャネル推定値を基に、サブキャリア毎に送信ビームを形成する送信ビーム形成方法により、本実施の形態を同様に適用することができる。

【0117】

(実施の形態 3)

図 7 は、本発明の実施の形態 3 に係る基地局装置の構成を示す図である。本実施の形態において、空間多重伝送制御手段 701 が空間多重伝送されるチャネル間で時空間符号化を施す時空間符号化手段 702 を設けている点が、実施の形態 1 と異なる。以下、実施の形態 1 と異なる空間多重制御手段 701 の部分を主に説明する。また、実施の形態 1 と同様にダウンリンクにおいて空間多重を用いた移動局 MS の通信割当て処理を行った後の、移動局 MS 及び基地局 BS における指向性制御方法について図 7 を用いて説明を行う。

【0118】

以下、実施の形態 1 と同様にダウンリンクにおいて空間多重を用いた移動局 MS の通信割当て処理を行った後の、移動局 MS 及び基地局 BS における指向性制御方法について図 7

を用いて説明を行う。

【0119】

第 n 番目の移動局 MS_n への第 k 番目の空間多重チャネルにおける送信データ系列を $S_k^n(t)$ とする (ただし、 t は時刻を表す)。ここで、 n は空間多元接続を行う移動局数 N_d 以下の自然数、 k は移動局 MS_n に対する空間多重数 $N_c^{(n)}$ 以下の自然数である。また、 $1 \leq N_c^{(n)} < N_s^{(1)}$ である。第 n 番目の移動局 MS_n の第 p 番目のアンテナで受信した場合のチャネル推定値を $h^n(p, m)$ とする。このチャネル推定値 $h^n(p, m)$ は、移動局 MS_n から基地局 BS にフィードバックされた第 m 番目の基地局アンテナ 208 からのアンテナ個別パイロット信号 $AP_m(t)$ に対するものである。なお、 m は基地局アンテナ数 N_t 以下の自然数、 p は第 n 番目の移動局 MS_n におけるアンテナ数 $N_s^{(n)}$ 以下の自然数である。ここで、第 n 番目の移動局 MS_n に対するチャネル推定行列 H^n を (式 8) のように定義する。

【0120】

時空間符号化手段 702 は、図示していない所定の誤り訂正符号化処理、インターリーブ処理、変調位相平面上へのシンボルマッピング処理を施した後の、空間多重を行う移動局 MS_1 に対する送信データ系列 211 に対し、時空間符号化処理を施した空間多重チャネルのデータ系列 $S(t) = [S_1^B(t) S_2^B(t) \dots S_{N_c(B)}^B(t)]$ を出力する。時空間符号化及びその復号方法に関しては、B. Vucetic, J. Yuan, "Space-Time Coding", J. Wiley & Sons Ltd(2003) において、STBC(Space-Time Block Coding), STTC(Space-Time Trellis coding), ST Turbo TC(Space-Time Turbo Trellis Codes)等の手法が情報開示されており、ここでは詳細説明を省略する。時空間符号化を施すことにより、伝送レートは低減するが、ダイバーシチ効果により受信品質の改善効果が得られる。

【0121】

部分空間直交化手段 210 は、第 B 番目の移動局 MS_B に対し SDM 伝送する場合に、空間多重チャネル数 $N_c^{(B)} > 1$ である第 B 番目の移動局 MS_B に向けた送信ウエイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c(B)-1}$ である場合、(式 12) のように表せる $(N_s^{(B)} \times N_c^{(B)})$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信されるが、予め (式 13) に示すように C_B を特異値分解し、得られる特異値の大きい順に $N_c^{(B)}$ 個選択し、それらの特異値 λ_k に対応する右特異値ベクトルからなる右特異値行列 $V_s = [V_1 V_2 \dots V_{N_c(B)}]$ を用いて、(式 14) に示すように空間多重チャネルのデータ系列 $S(t) = [S_1^B(t) S_2^B(t) \dots S_{N_c(B)}^B(t)]^T$ に対し、右特異値行列 V_s を左から乗算し、信号系列 $S_2(t)$ を算出する。ここで、 $k = 1 \sim N_c^{(B)}$ である。

【0122】

なお、部分空間直交化手段 210 を省略する構成でも可能であり、その場合、(式 14) における V_s は N_c 次単位行列となるため、この場合、図 8 に示すような空間多重伝送制御手段 801 の構成になる。

【0123】

次に、ビーム形成部 207 が $S_2(t)$ の $N_c^{(B)}$ 個の要素に対し、ウエイト生成手段 204 において実施の形態 1 と同様な動作で得られた送信ウエイト $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c(B)-1}$ を乗算する。ここで、(式 13) において、 U はチャネル推定行列 C_B の左特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、 V はチャネル推定行列 C_B の右特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、 Q は対角成分を特異値とする対角行列である。

【0124】

一方、 SDM 対応移動局 MS_n では $N_c^{(n)}$ 個の空間多重チャネルを分離受信するために、また SDM 未対応移動局 MS_n では同期検波受信のために空間多重チャネル毎に既知信号系列 (以下、空間多重チャネル個別パイロット信号) $CP_k(t)$ を埋め込んで送信する。ここで、 k は空間多重チャネルの総数 T_c 以下の自然数である。ただし、送信信号が差動符号化され、遅延検波を適用する場合は、このようなパイロット信号の送信は不要である。なお、空間多重チャネル個別パイロット信号 $CP_k(t)$ の送信方法 (フレーム構成) は実施の形態 1 で図 5 を用いて説明したものと同一である。

【0125】

次に、移動局MSにおける受信動作について説明する。

【0126】

まず、第n番目のSDM対応移動局MS_nは、N_s⁽ⁿ⁾個の移動局アンテナ221により空間多重された高周波信号を受信する。N_s⁽ⁿ⁾個の受信部222は、受信したN_s⁽ⁿ⁾個のそれぞれの高周波信号に対し、周波数変換後に直交検波によりI信号、Q信号からなる複素ベースバンド信号r_j⁽ⁿ⁾(t)をN_s⁽ⁿ⁾個出力する。(ただし、jはN_s⁽ⁿ⁾以下の自然数。)

次に、空間多重分離手段721がSDM対応移動局MS_nに対するN_c⁽ⁿ⁾個の空間多重チャンネルを分離する。空間多重分離手段721は、空間多重チャンネルに個別に埋め込まれた空間多重チャンネル個別パイロット信号CP_k(t)を用いることで(式15)に示すようにそれぞれの空間多重チャンネル毎にチャンネル推定値hⁿ(j, k)を算出し、さらに、時空間符号化手段702において用いた時空間符号化方法に対応した復号方法を用いて送信信号を復号化し、受信データ系列722を出力する。ここでkはSDM対応移動局MS_nに向けて送信される空間多重チャンネル数N_c⁽ⁿ⁾個以下の自然数である。なお、*は複素共役演算子であり、空間多重チャンネル個別パイロット信号CP_k(t)のシンボル数をN_aとする。

【0127】

なお、空間多重分離の別な方法として、次のようなものがある。すなわち、第B番目の移動局MS_Bに対しSDM伝送する場合に、部分空間直交化手段210を用いたとき、(式13)に示すようにC_Bの特異値分解で得られる特異値から大きい順にN_c個選択し、それらの特異値に対応する左特異値ベクトルからなる右特異値行列U_s=[U₁ U₂、...、U_{N_c(B)}]を用いて、その複素共役転置した行列(U_s)^Hを受信信号ベクトルR=[r₁^(B)(t)、r₂^(B)(t)、...、r_{N_s(B)}^(B)(t)]^Tに左から乗算する。この方法により、それぞれの空間多重チャンネルを分離受信することができる。この場合、予め右特異値行列U_sを移動局MS_Bに対し通信回線を介して通知しておく。なお、移動局MS_nへの空間多重数及び空間多重チャンネル個別パイロット信号の種別に関しては、予め基地局BSから移動局MS_nへ制御チャンネル等を通じて通知がなされる。

【0128】

SDM未対応移動局MS₁に対する動作は実施の形態1と同様である。

【0129】

以上のように本実施の形態では、実施の形態1の効果に加え、SDM対応移動局に対する空間多重送信時に時空間符号化を施すことにより、同一データを空間的に多重して送信するため、SDM対応移動局に対する伝送レートは低減するが、送信ダイバーシチ効果を加えた誤り訂正能力が付加されたことにより受信品質の改善が得られる。これにより、所要の受信品質が得られるように送信電力制御を行う場合には、送信電力低減効果が得られる。あるいは、また、送信電力が一定の場合、所要の受信品質が得られる通信エリアを拡大する効果が得られる。

【0130】

なお、本実施の形態において、時空間符号手段における符号化方法、符号化率を伝搬環境に応じて可変してもよく、これにより多様な伝搬環境に応じてスループットを向上することが可能となる。

【0131】

なお、本実施の形態では、ダウンリンクにおけるSDM対応移動局に対する空間多重送信時に時空間符号化を施す例を示したが、アップリンクにおいても同様な適用が可能である。この場合、SDM対応移動局において、空間多重送信信号に対し時空間符号化を施し、基地局側では時空間符号化に応じた復号処理を適用する。

【産業上の利用可能性】

【0132】

以上のように、本発明は空間多重伝送に対応した移動局と、未対応の移動局とが通信エ

リア内に混在する無線通信システムに有用であり、基地局における空間的な自由度を効率的に利用し、無線通信システムの通信容量を改善するするのに適している。

【図面の簡単な説明】

【0133】

【図1】本発明の実施の形態1における無線通信システムの構成を示す図

【図2】本発明の実施の形態1における基地局及び移動局の構成を示す図

【図3】(a)本発明の実施の形態1における基地局の移動局割当て処理手順を示すフローチャート (b)本発明の実施の形態1における移動局側の割当て処理手順を示すフローチャート

【図4】(a)本発明の実施の形態1におけるアンテナ個別パイロット信号の時分割送信でのフレーム構成を示す図 (b)本発明の実施の形態1におけるアンテナ個別パイロット信号の符号分割送信でのフレーム構成を示す図 (c)本発明の実施の形態1におけるアンテナ個別パイロット信号の時間・符号分割送信でのフレーム構成を示す図

【図5】(a)本発明の実施の形態1における空間多重チャネル個別パイロット信号の時分割送信でのフレーム構成を示す図 (b)本発明の実施の形態1における空間多重チャネル個別パイロット信号の符号分割送信でのフレーム構成を示す図

【図6】本発明の実施の形態2における基地局の構成を示す図

【図7】本発明の実施の形態3における基地局と移動局の構成を示す図

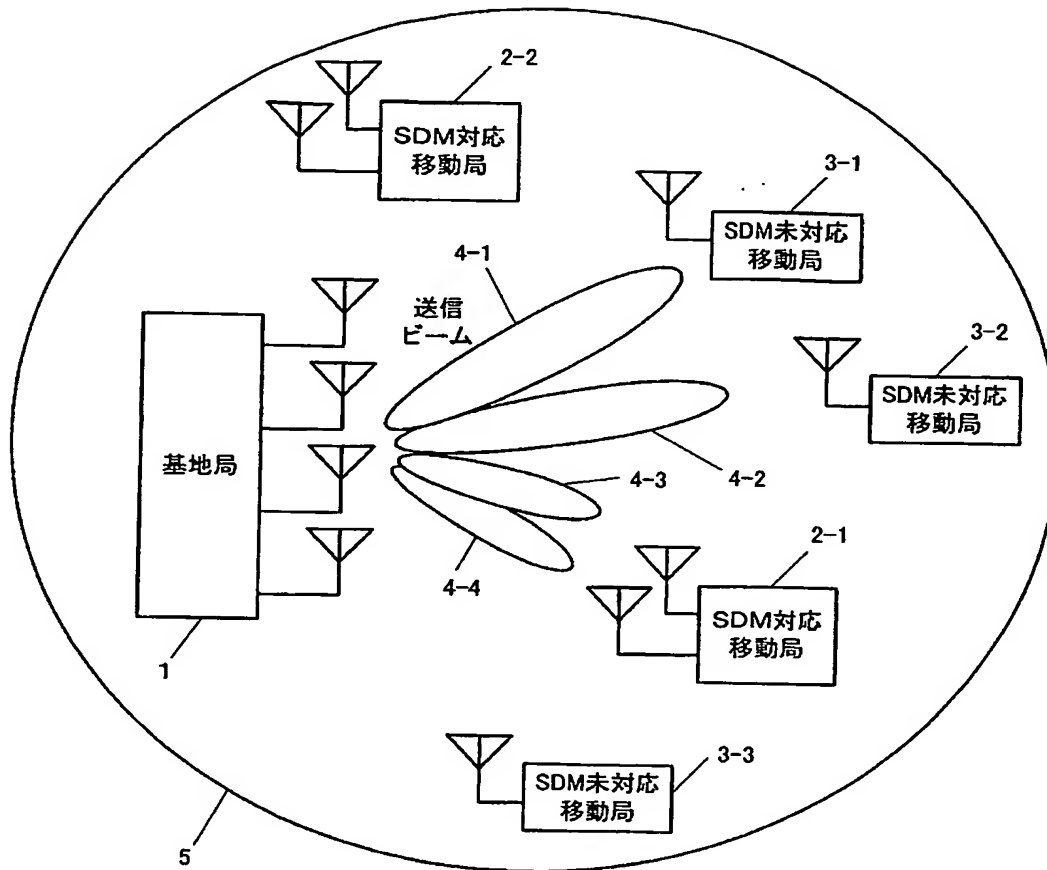
【図8】本発明の実施の形態3における基地局の別な構成を示す図

【符号の説明】

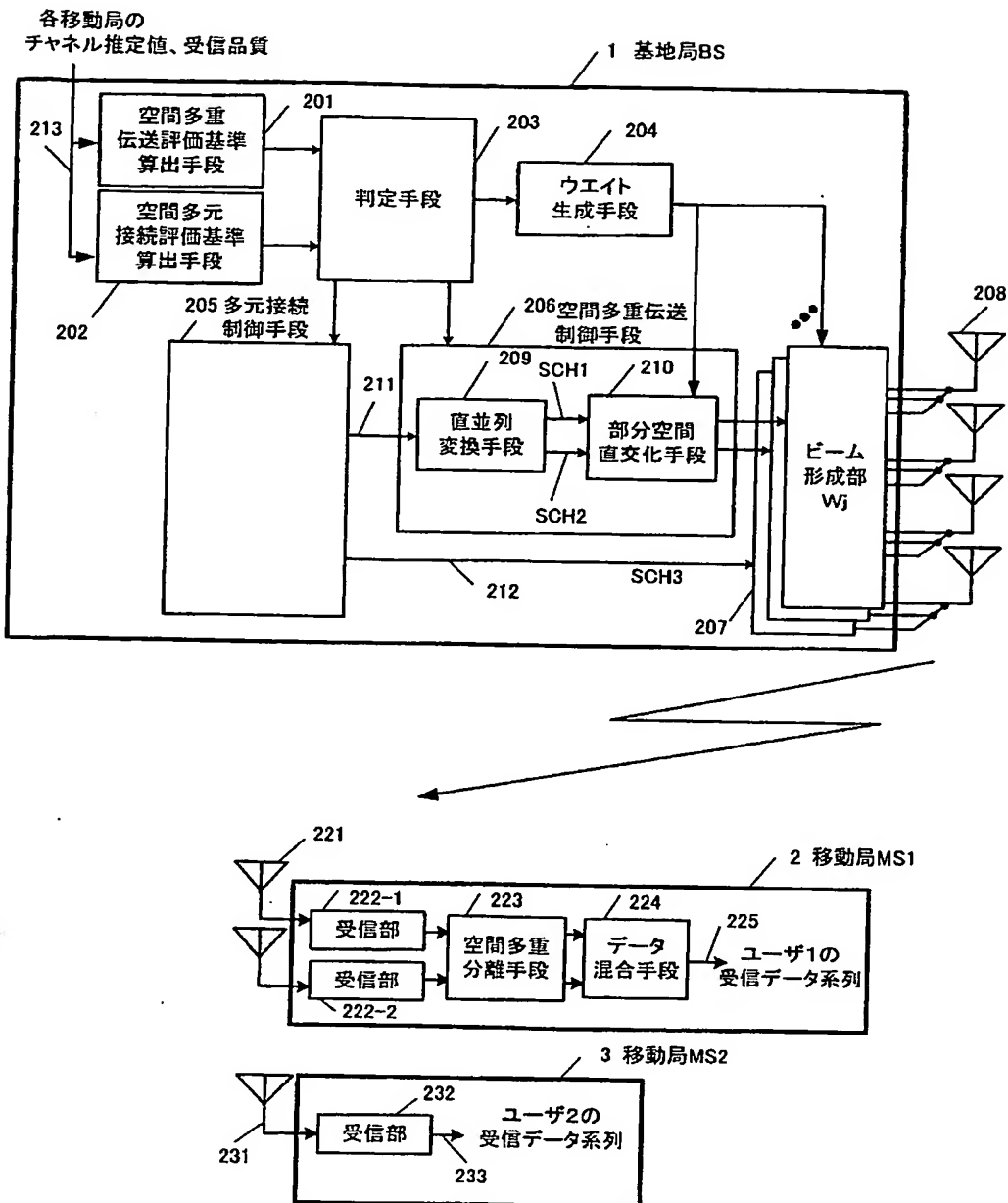
【0134】

- 1 アレーアンテナ
- 2 SDM対応移動局
- 3 SDM未対応移動局
- 4 送信ビーム
- 5 通信エリア
- 201 空間多重伝送評価基準算出手段
- 202 空間多元接続評価基準算出手段
- 203 判定手段
- 204 ウェイト生成手段
- 205 多元接続制御手段
- 206 空間多重伝送制御手段
- 207 ビーム形成部
- 208 基地局アンテナ
- 209 直並列変換手段
- 210 部分空間直交化手段
- 211、212 送信データ系列
- 213 各移動局のチャネル推定値、受信品質
- 221、231 移動局アンテナ
- 222、232 受信部
- 223、721 空間多重分離手段
- 224 データ混合手段
- 601 SDM未対応移動局用ウェイト生成手段
- 602 SDM対応移動局用ウェイト生成手段
- 701、801 空間多重伝送制御手段
- 702 時空間符号化手段

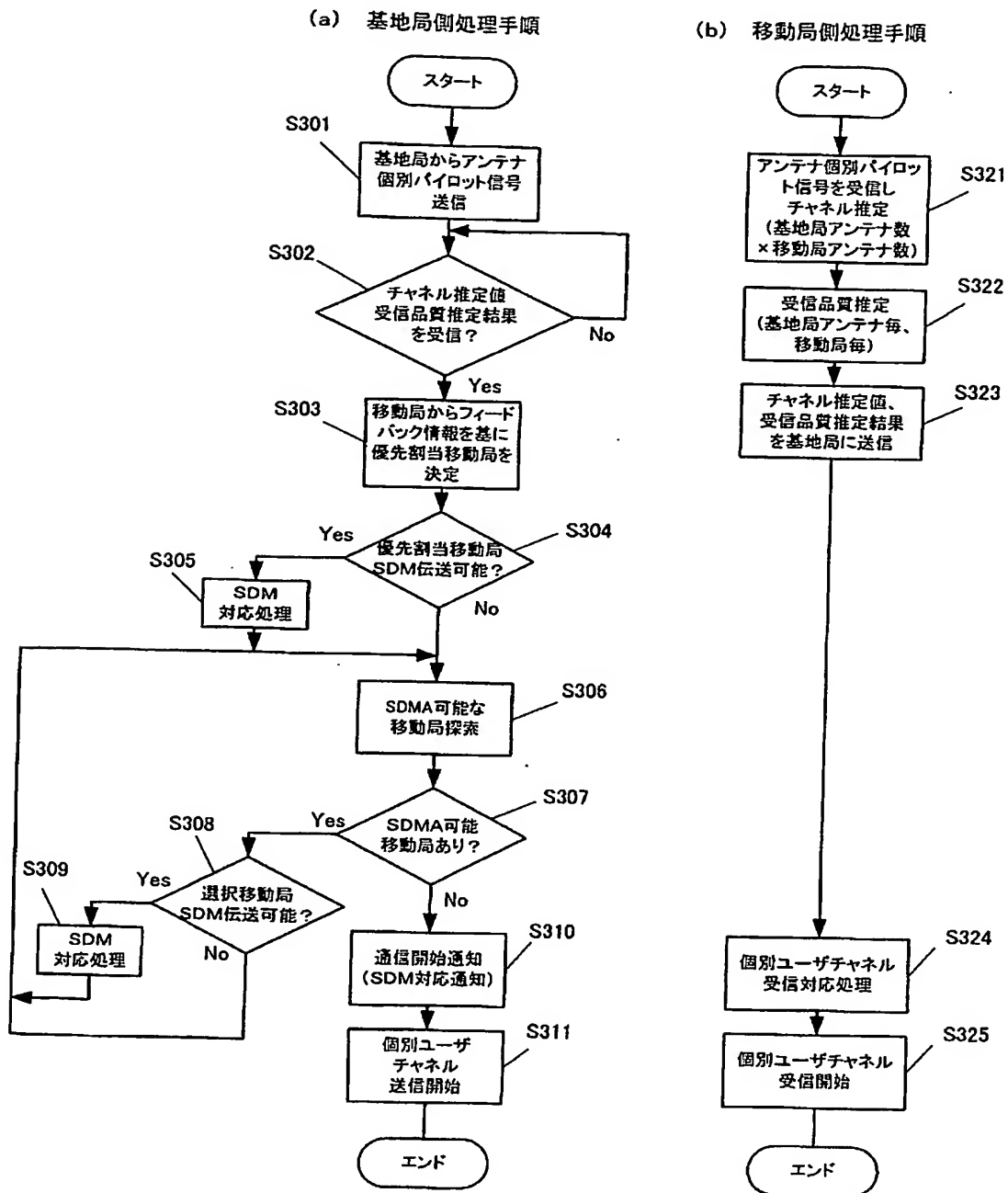
【書類名】図面
【図1】



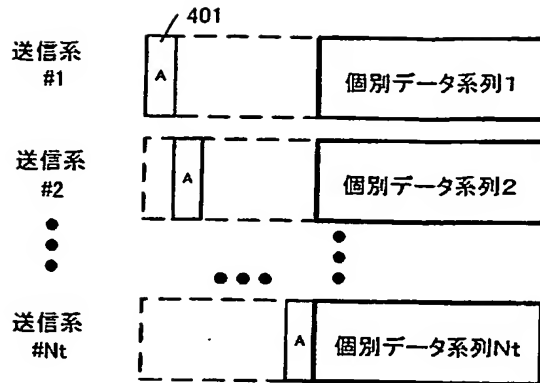
【図 2】



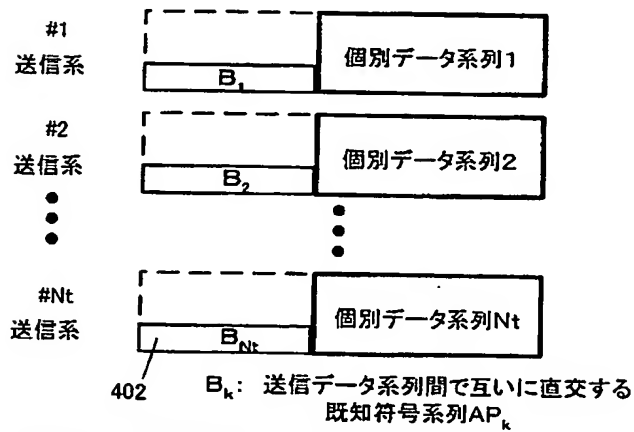
【図 3】



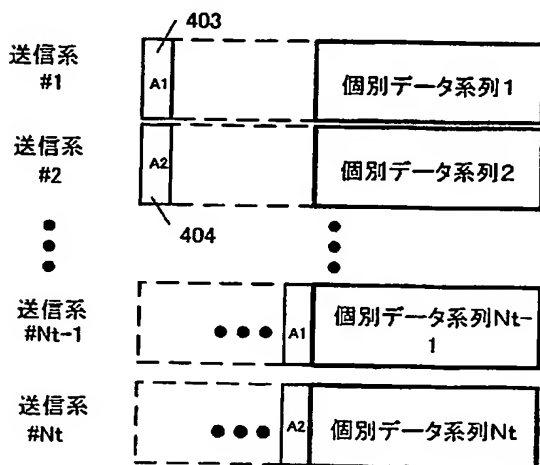
【図 4】



(a) アンテナ個別パイロット信号の時分割送信

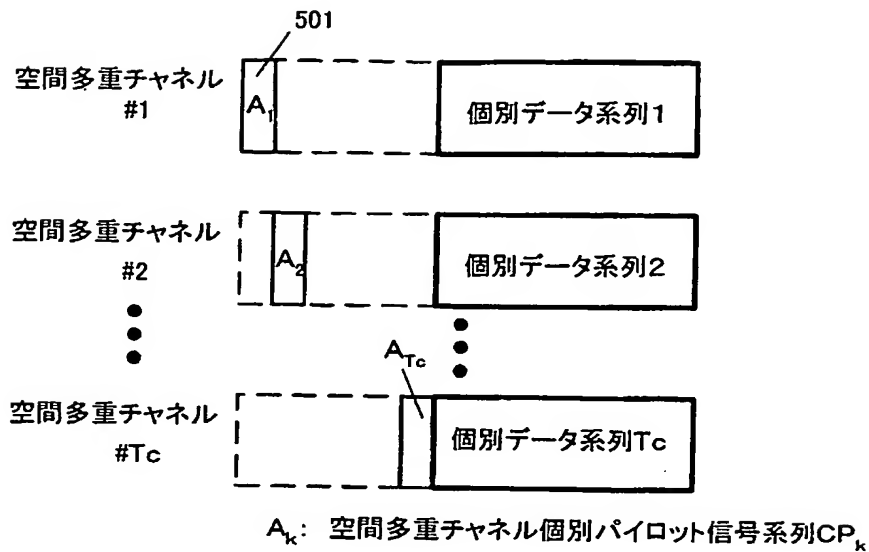


(b) アンテナ個別パイロット信号の符号分割送信

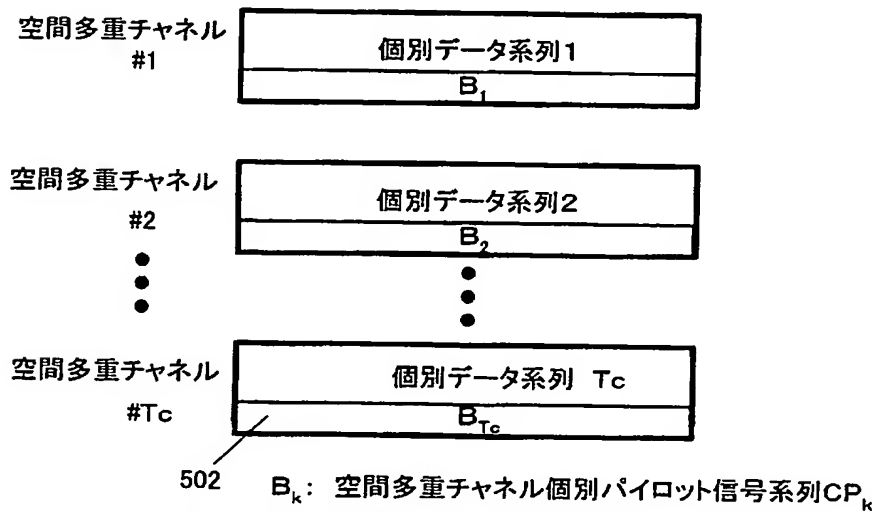


(c) アンテナ個別パイロット信号の時間・符号分割送信

【図 5】

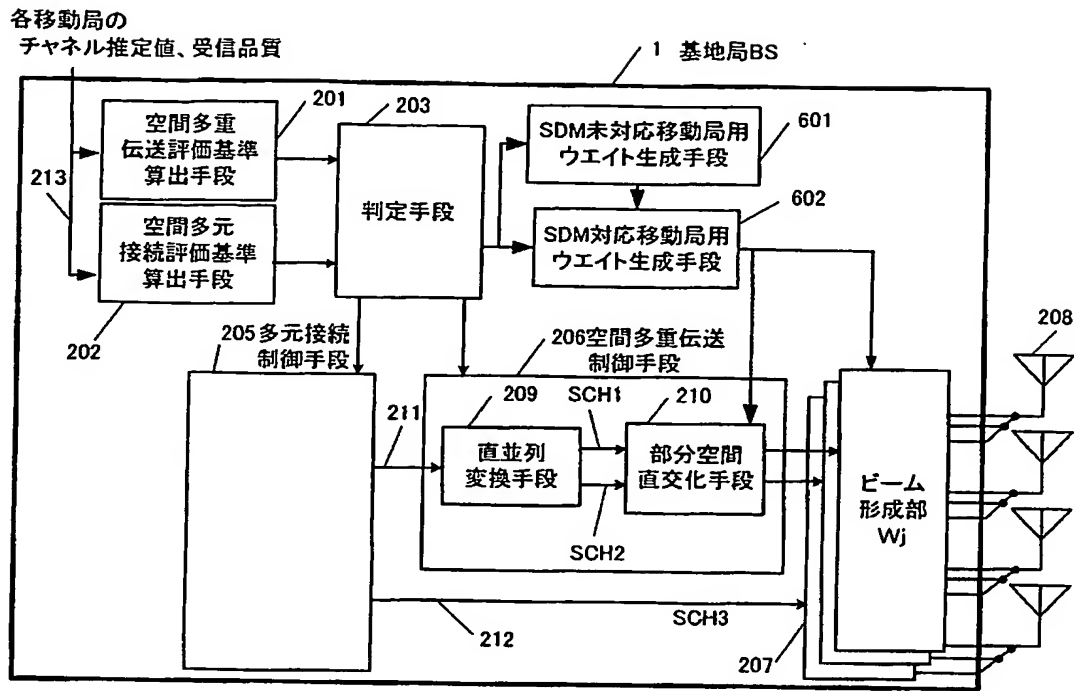


(a) 空間多重チャンネル個別パイロット信号の時分割送信

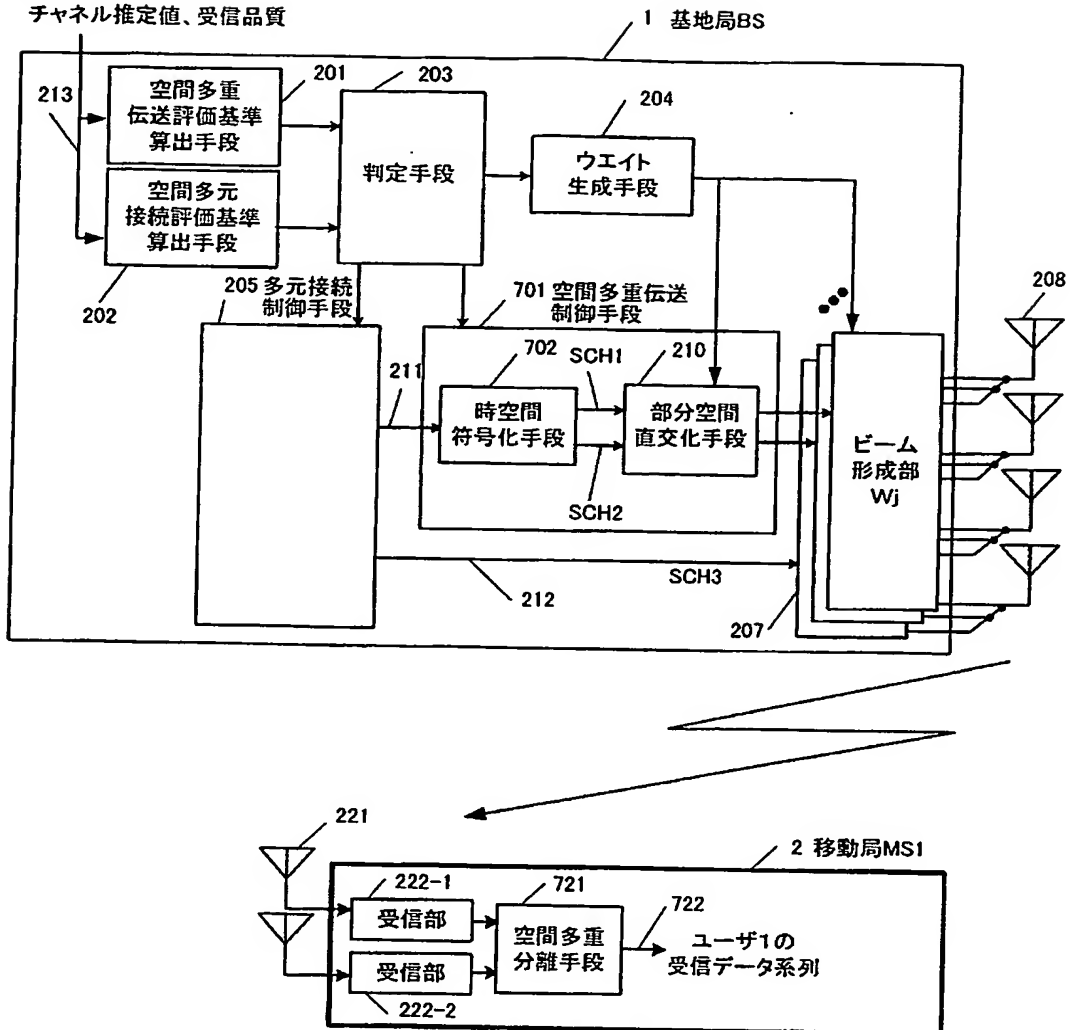


(b) 空間多重チャンネル個別パイロット信号の符号分割送信

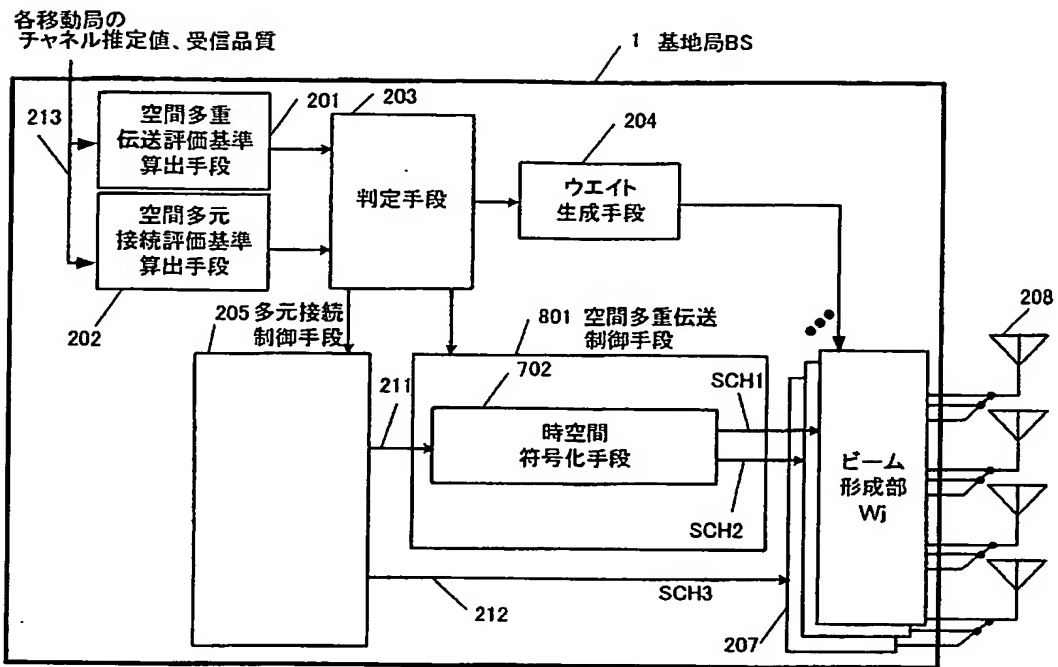
【図6】



【図 7】
各移動局の
チャンネル推定値、受信品質



【図 8】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】特定の移動局との空間多重伝送とともに、伝搬環境に応じて別な移動局に対しての空間多元接続を行うことが可能となる無線通信システムの提供を目的とする。

【解決手段】本発明の無線通信システムは、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局 1 と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局 2 と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局 3 が通信エリア内に混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送 (SDM) と空間多元接続 (SDMA) を同時に行う移動局の割当てを行うことで、無線通信システムにおける空間的な自由度を最大限に利用し、通信容量を改善することができる。

【選択図】図 1

特願 2003-401269

出願人履歴情報

識別番号

[000005821]

1. 変更年月日

1990年 8月28日

[変更理由]

新規登録

住所

大阪府門真市大字門真1006番地

氏名

松下電器産業株式会社